

Tutela della salute nelle operazioni di montaggio

La linea di montaggio di un motore è molto articolata. È fondamentale determinare il numero di postazioni necessarie e la cadenza di produzione. Verrà inoltre qui descritto il metodo Niosh che consente di valutare il rischio per la salute degli operatori nella movimentazione manuale di carichi

Dopo aver analizzato tutte le operazioni di montaggio di un motore M648 di Piaggio, con particolare attenzione alle macchine, alle attrezzature necessarie e ai tempi, aver organizzato la generazione di un'immagine 3D per ogni fase di lavoro, (numero di gennaio 2011), viene qui descritto il metodo seguito per il calcolo del numero di stazioni necessarie

e della relativa cadenza. Sono state prese in considerazione differenti soluzioni di layout, analizzando pro e contro per ognuna di essa, e scegliendo quella ottimale, tenuto conto dei vincoli legati alla richiesta giornaliera massima di 320 motori. Viene inoltre descritto il metodo Niosh applicato alle postazioni della linea di montaggio analizzata. Tale metodo consente di valutare il

rischio connesso alle operazioni di movimentazione manuale di carichi, sulla base del calcolo di un indice di sollevamento, nel rispetto delle normative vigenti in materia di prevenzione della salute dei dipendenti sul luogo di lavoro, con particolare attenzione alla movimentazione manuale ripetuta dei carichi gravosi (fra i 3 kg e 25 kg) lungo la linea 1 di accoppiamento dei semicar. Dapprima sono stati calcolati gli indici di sollevamento per le postazioni in cui vengono sollevati carichi gravosi, in modo da verificare di rimanere al di sotto dei limiti previsti dalla normativa. Succes-



SOLUZIONE	LINEA 1				LINEA 2			N° turni	OSSERVAZIONI
	N _{st}	TC [min/mot]	Pr [min/gg]	I [min/mot]	N _{st}	TC [min/mot]	Pr [min/gg]		
A	4	1,6	372	1,3	26	1,8	334	1,5	Soluzione ottimale che viene realizzata
B	4	1,6	496	1,3	26	1,8	446	2	Eccesso di motori prodotti Maggiore impiego di personale
C	4	1,6	496	4	19	2,4	326	2	Elevata insaturazione delle postazioni sulla linea 1 Maggiore impiego di personale Inutilizzo di 7 postazioni attualmente esistenti sulla linea 2
D	3	2,2	368	1	22	2,1	368	2	Stazionamento operatori sulla linea 1 sbilanciato per presenza di vincoli Il secondo operatore deve coprire un settore molto lungo della linea 1
E	5	1,3	330	0,6	36	1,3	329	1	Soluzione fattibile con aggiunta di n.10 postazioni sulla linea 2 rispetto a quelle attuali, ma irrealizzabile per mancanza di spazio

Figura 1 – Tabella riassuntiva delle soluzioni possibili

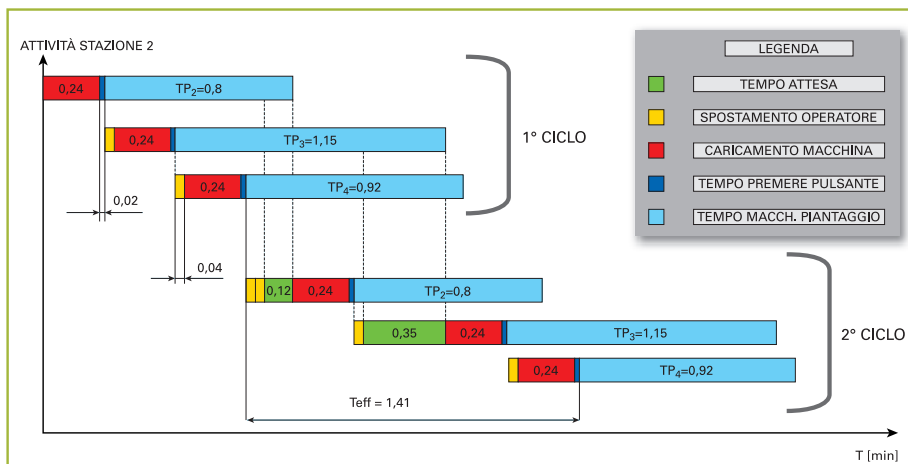
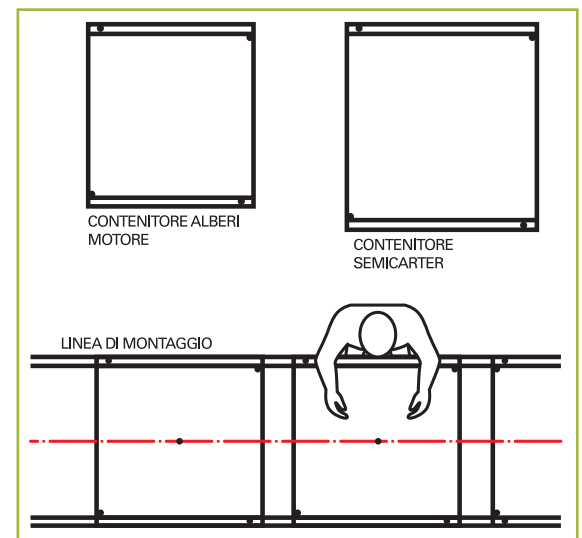


Figura 2 – Gantt attività svolte dal secondo operatore

Figura 3 – Contenitore per semicaratter accoppiati e vista della postazione 1



sivamente è stata proposta una soluzione migliorativa per i contenitori dei semicaratter e degli alberi motore, posti a bordo linea.

La configurazione della linea di montaggio

La linea di montaggio è ad anello per consentire il ricircolo dei pallet e consta di due parti: la linea 1 di preparazione carter accoppiati, in cui vengono effettuati tutti i piantaggi e alcune operazioni manuali, e la linea 2 di completamento in cui vengono svolte le operazioni di avvitatura e montaggio manuale. L'obiettivo è quello di determinare il numero di stazioni N_{st} di lavoro necessarie per ogni tratto di linea, in modo da assicurare una produttività minima di 320 motori al giorno. Esistono, però, una serie di vincoli legati al limitato spazio disponibile per la linea, al corretto bilanciamento dei due tratti di linea, alla riduzione dell'insaturazione sul-

le varie postazioni, allo stazionamento1 della linea stessa, al tipo di turno di lavoro giornaliero (turno normale, due turni o un turno e mezzo). Bisogna precisare che per la realizzazione della linea di montaggio viene riutilizzata una linea già esistente. Nel calcolo del numero delle stazioni necessarie si è tenuto conto di questo ulteriore vincolo. Nella tabella di figura 1 sono indicate tutte le soluzioni analizzate al variare del numero di stazioni della linea 1, della linea 2 e del turno di lavoro. La soluzione scelta è segnata da una freccia.

È stato calcolato dapprima il tempo ciclo T_{cr} necessario ad assicurare la produzione richiesta P_r di 320 motori/gg con la relazione (1).

$$T_{cr} = \frac{m}{P_r} \quad (1)$$

dove m è il tempo di lavoro giornaliero, espresso in minuti al giorno, epurato del-

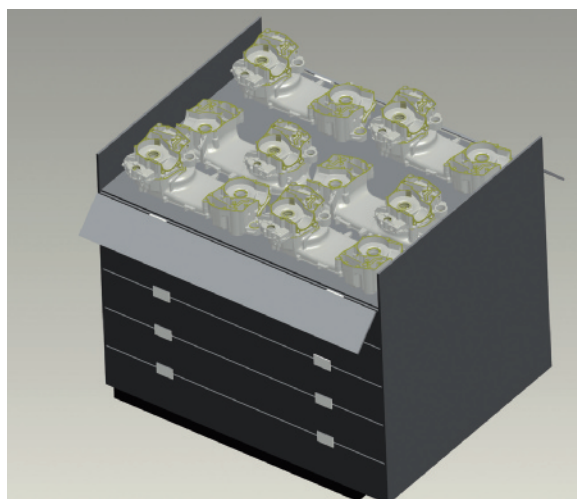
le pause. Il numero di stazioni necessarie a garantire il tempo ciclo richiesto è stato ottenuto con la relazione (2).

$$N_{st} = \frac{t_i \cdot c}{T_{cr}} \quad (2)$$

dove c è un coefficiente pari a 1,09 che tiene conto dell'impossibilità di saturare completamente le postazioni di lavoro, t_i è il tempo totale necessario a svolgere tutte le attività previste dal ciclo di montaggio sulla linea considerata. Quest'ultimo è stato ottenuto come somma dei tempi t_i legati all'operazione i -esima, come da espressione (3).

$$t_i = \sum_i t_i \quad (3)$$

Il numero delle stazioni trovate in (2) è stato approssimato per eccesso e, in base a esso, si è ripetuto prima il calcolo per trovare il tempo ciclo reale invertendo la 2, e poi il calcolo per determinare la produttività giornaliera reale invertendo la 1. Questa procedura



European Standard: EN 1005-2; ISO Standard: 11228-1				
25	Maschi (18-45 anni)	1,06	RISCHIO PRESENTE	
20	Femmine (18-45 anni)	1,33	RISCHIO PRESENTE	
20	Maschi (<18 o >45 anni)	1,33	RISCHIO PRESENTE	
15	Femmine (<18 o >45 anni)	1,77	RISCHIO PRESENTE	
Lifting equation originale NIOSH				
23	NIOSH original	1,15	RISCHIO PRESENTE	

Figura 4 – Indice di sollevamento Niosh per la prima postazione della linea 1

di calcolo è stata ripetuta più volte variando il t/l , per valutare la convenienza di lavorare su un turno giornaliero, su due turni o su un turno e mezzo.

L'insaturazione totale I sulla linea 1 è stata ottenuta come differenza fra il tempo totale t/l definito in fase preventiva e la somma dei tempi effettivi t_{eff} ricavati dallo stazionamento. In figura 2 si riporta un esempio di stazionamento effettuato sulla seconda postazione di montaggio della linea 1. Si nota che l'operatore della seconda stazione è addetto al caricamento di più dispositivi di piantaggio e che, mentre le macchine sono in funzione, svolge altre operazioni manuali. In questo modo i tempi macchina non vengono pagati interamente, ma incidono solo quando, all'arrivo dell'operatore, la macchina non è ancora disponibile a essere caricata (tempi di attesa). Lo stazionamento è stato effettuato per tutte le postazioni di lavoro dotate di dispositivi automatici di piantaggio e per tutte le configurazioni di linea analizzate.

Il metodo Niosh applicato alla linea 1 di montaggio

Viene ora descritta l'applicazione del metodo Niosh per l'analisi di tutte le operazioni, che comportano la movimentazione manuale di carichi gravosi (fra i 3 kg e 25 kg) lungo la linea 1 di accoppiamento dei semicartermi.

Il primo passo ha visto il calcolo di tutte le masse dei componenti del motore, che ven-

gono sollevati dagli operatori. A tal fine ci si è serviti dell'applicazione "mass property" del CAD utilizzato che, assegnata la densità, restituisce la massa di ogni componente.

I componenti gravosi sono il semicartermi lato trasmissione (SLT) la cui massa è di 7,5 kg e l'albero motore di massa 3,5 kg (sollevati nella prima postazione). In seguito, al fine di rilevare le misure relative allo sbraccio durante la presa, alle altezze del punto di presa e di rilascio del carico, sono stati progettati e modellati appositi contenitori a sponde abbattibili per i semicartermi accoppiati (dettaglio di figura 3) e per gli alberi motore. Per il calcolo dell'indice di sollevamento Niosh è stato utilizzato un apposito foglio elettronico [2]. Inserendo tutti i dati precedentemente raccolti e i dati sui turni di lavoro, è possibile calcolare direttamente l'indice Niosh e verificare che questo sia al di sotto del limite di 0,85 previsto dalla normativa di riferimento UNI EN 1005-2 [3] e ISO 11228-1.

I risultati ottenuti e le conclusioni

La configurazione scelta per la linea di montaggio vede l'utilizzo di quattro stazioni di lavoro per la linea 1 e di 26 stazioni per la linea 2, con un tempo ciclo di linea pari a 1,82 min/motore, lavorando su un turno e mezzo. Tale soluzione assicura una produzione giornaliera di 334 motori e rispetta tutti i vincoli presenti. Dal risultato del calcolo dell'indice Niosh sulla prima postazione (mostrato in fi-

gura 4) si evince che il limite di 0,85 previsto dalla normativa sopra citata viene superato. Pertanto è necessario intervenire con delle misure preventive per eliminare il rischio. A tal proposito è stato proposto l'utilizzo di un sistema di sollevamento a portale per il trasferimento del semicartermi lato trasmissione sul pallet di linea.

© RIPRODUZIONE RISERVATA

Ringraziamenti

Lavoro svolto come tesi di laurea specialistica in ingegneria meccanica di Daniele Urso presso il reparto montaggio motori della società Piaggio & C. S.p.A. di Pontedera (PI), diretto dal sig. Domenico Bartoli, con la supervisione del Responsabile delle tecnologie ing. Daniele Landini² e del prof. ing. Michele Lanzetta¹.

Questo progetto non sarebbe stato possibile senza il supporto del Direttore del Manufacturing Carlo Coppola e del sig. Raffaello Fontanini.

¹ Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione, Università di Pisa

² Piaggio & C. S.p.A., Pontedera (PI)

Bibliografia

[1] D. Colombini, S. Cairoli, Disturbi e patologie muscolo-scheletriche del rachide da movimentazione manuale di carichi. Unità di Ricerca Ergonomia della postura e del movimento, Milan (Italy)

[2] D. Colombini, E. Occhipinti, N. Battevi, M. Cerbai, M. Fanti, O. Menoni, M. Placci Movimentazione manuale dei carichi – Manuale operativo per l'applicazione del Decreto Legislativo 81/08. Unità di Ricerca Ergonomia della postura e del movimento, Milan (Italy)